



**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**  
**Departamento de Ciências Biológicas**

---



# Termodinâmica

Agronomia

Professora: Nubia Eloy

# Termodinâmica

- Termodinâmica é o estudo da relação entre calor, trabalho e a associação com o fluxo de energia
  - Conversão de calor (energia) em outros tipos de energia
  - Fluxo (dinâmica, movimento) do calor

# A vida obedece as leis da termodinâmica

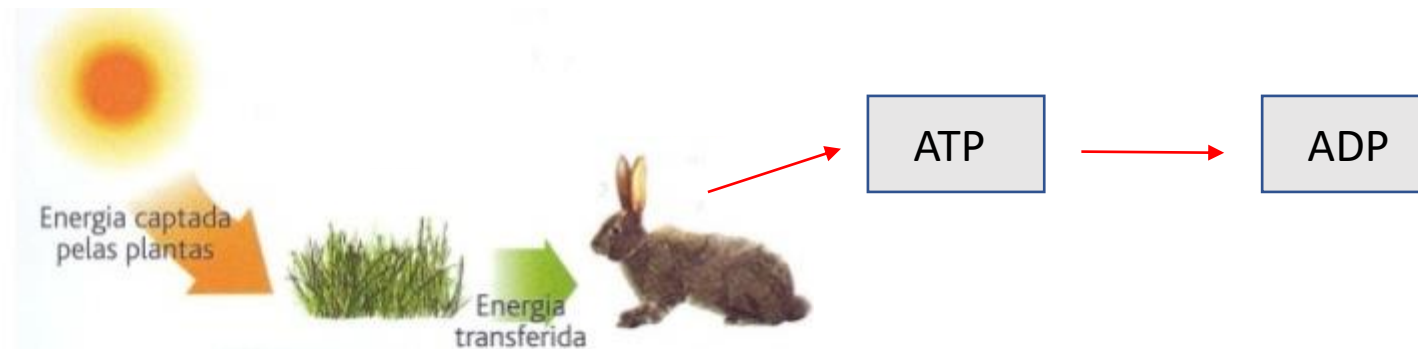
## 1ª lei da termodinâmica: estados em que a energia é conservada – Lei da conservação de Energia

A energia é conservada, não pode ser criada ou destruída, apenas transformada.

- ✓ A vida demanda energia

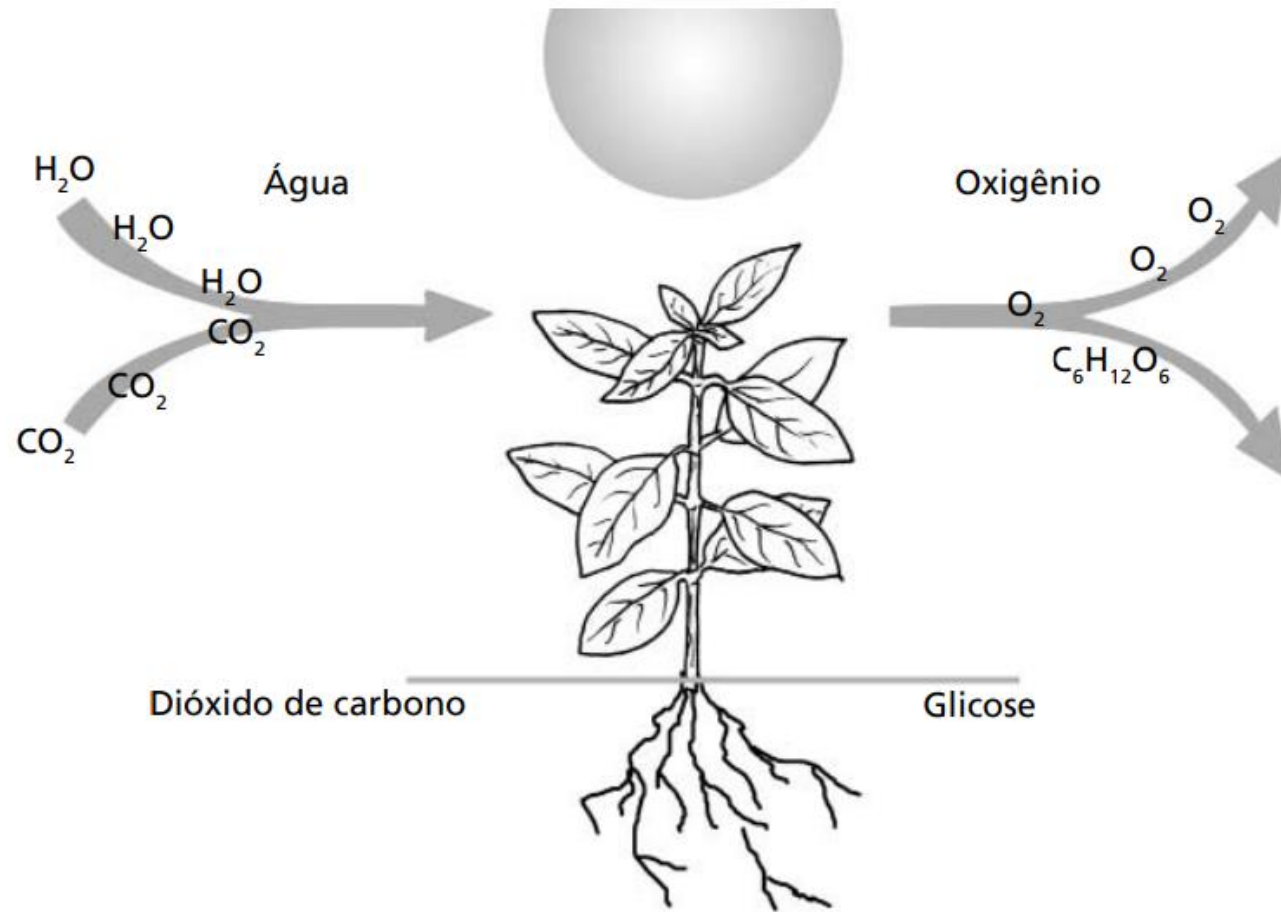
### A Primeira Lei da Termodinâmica

- ✓ A energia é conservada



A cada transformação a energia não é criada ou destruída, ela é simplesmente convertida

“Nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”



A energia solar foi usada para formar as ligações covalentes entre os átomos de carbono, oxigênio e hidrogênio originando a molécula de glicose, ou seja, a energia solar foi transformada em energia química.

# SISTEMA E ENERGIA

## Sistema

conjunto de elementos interconectados de modo a formar um todo organizado

## Energia

potencial inato para executar um trabalho ou realizar uma ação

**A quantidade total de energia num sistema fechado não se altera.**

# Energia

## Sistema, Vizinhança e Universo

**Sistema:** parte do universo em estudo

**Vizinhança:** o restante

**Universo:** Sistema + Vizinhança

$$E_{\text{universo}} = E_{\text{sistema}} + E_{\text{vizinhança}}$$

Um sistema pode ser aberto, fechado ou isolado:



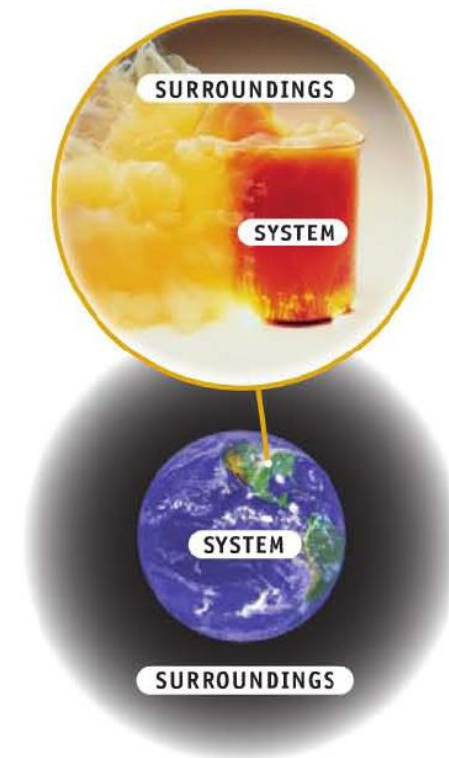
Aberto



Fechado



Isolado



# 1ª Lei da termodinâmica

## Estados em que a energia é conservada

Energia interna - é a energia total de um sistema, sendo a soma de todas as energias cinéticas do sistema

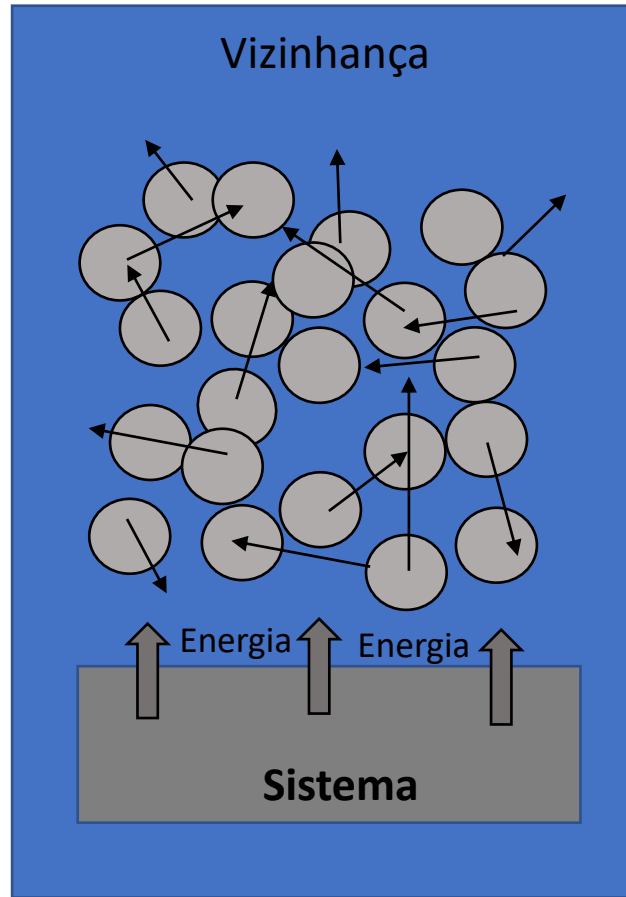
A energia interna é uma função de estado, pois depende do estado em que o sistema está, e não da forma como o sistema chegou até esse estado

A alteração de qualquer variável do estado (P, T, V) faz com que ocorra uma variação da energia interna

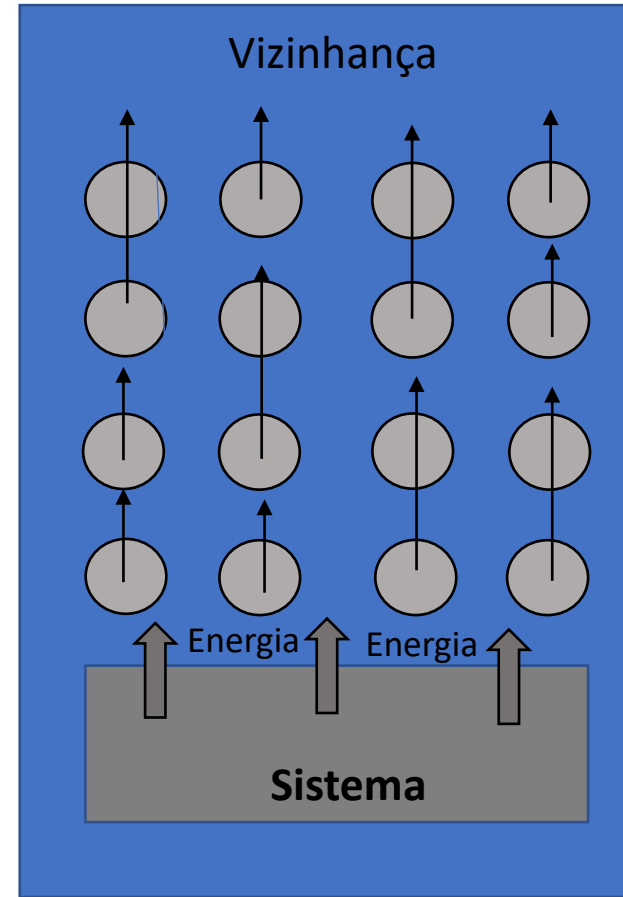
A energia interna é uma propriedade extensiva - são as propriedades de um sistema que dependem da massa da amostra

Calor e o trabalho são maneiras equivalentes de alterar a energia do sistema.

**Movimento  
caótico das  
moléculas  
das  
vizinhanças**



**CALOR**



**Movimento  
ordenado**

**TRABALHO**



# A segunda lei da termodinâmica

- ✓ O Universo tende a máxima entropia
- ✓ O Universo tende a máxima dispersão de energia

## **A Segunda Lei da Termodinâmica diz:**

- A entropia tende a aumentar
- Um processo será espontâneo se o CAOS do sistema aumentar

## 2ª Lei da termodinâmica

“Algo que acontece **espontaneamente** está associada à **dispersão de energia**”

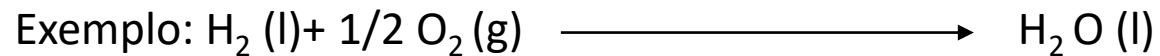
“A **força motriz** de algo **Espontâneo** é a **dispersão de energia**”

## 2ª Lei da termodinâmica

**ENTALPIA** - representamos por H, é o conteúdo de energia de cada substância participante da reação

A variação da entalpia de um sistema é o calor liberado ou absorvido, quando uma transformação ocorre, sob pressão constante.

$$\Delta H_{\text{reação}} = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$



$$\Delta H = -68,5 \text{ kcal/mol}$$

Observe que o  $\Delta H$  da reação de formação da água (em estado líquido), a partir de hidrogênio (líquido) e oxigênio (gasoso), é um valor negativo. Este valor é negativo, pois a entalpia do produto (água) é menor do que a entalpia dos reagentes (hidrogênio e oxigênio), ou seja, houve uma liberação de energia na formação de água.

## 2ª Lei da termodinâmica

*“para quantificar o grau de dispersão de energia e matéria, temos a entropia”*

*“ A entropia de um sistema isolado tende a aumentar” - segunda lei*

*Sistema aberto é o sistema que temos interesse, corpo humano, célula biológica, organela e a sua vizinhança. Os dois juntos formam o universo.*

*A formação de um SISTEMA ORGANIZADO pode ocorrer em um local do universo pelo aumento da DESORGANIZAÇÃO de um sistema em outro local do universo.*

## 2ª Lei da termodinâmica

ENTROPIA : Quantidade de energia que não realiza trabalho.

A entropia representa a energia inaproveitável em processos reais, e é obtida pelo produto da variação da entropia (S) pela temperatura absoluta do processo.

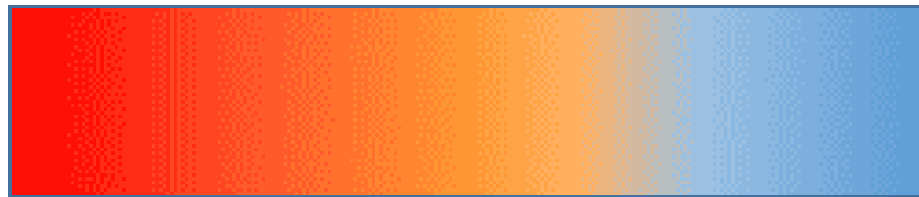
Energia entrópica =  $T\Delta S$

*“A variação de entropia de um sistema é igual á energia transferida para ocorrer a reversibilidade desse sistema à temperatura a que essa transferência ocorre”*

Energia, espontaneamente tende a fluir de um local onde está concentrada para um outro onde estará dispersa

Quente

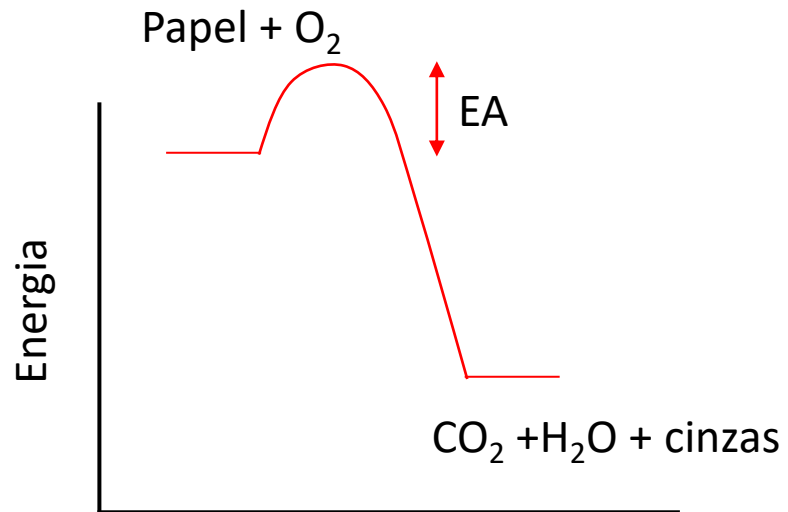
Frio



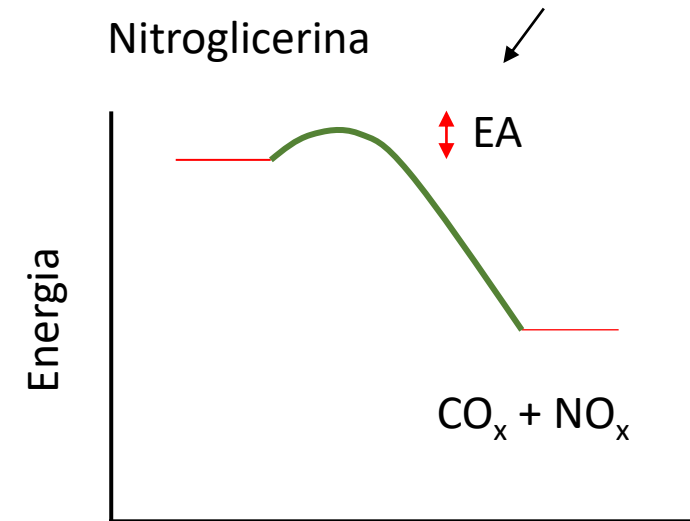
Calor

## 2ª Lei da termodinâmica

EA= Estado de Ativação

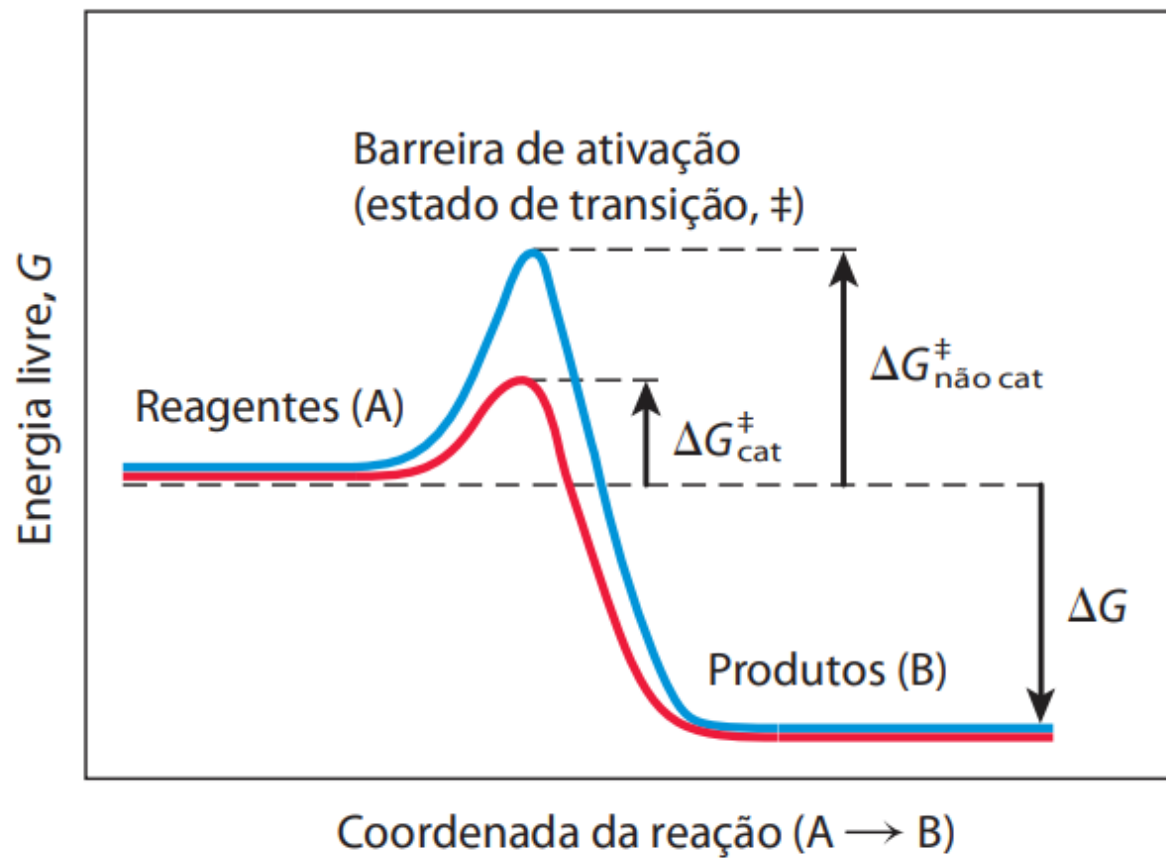


Ex: Papel queimando



A energia de ativação protege as substâncias da mudança

Entropia é dispersão de energia



A dispersão é bloqueada pela força das ligações químicas ( energia de ativação)



# Energia Livre de Gibbs

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Energia associada a uma reação, energia que pode ser usada

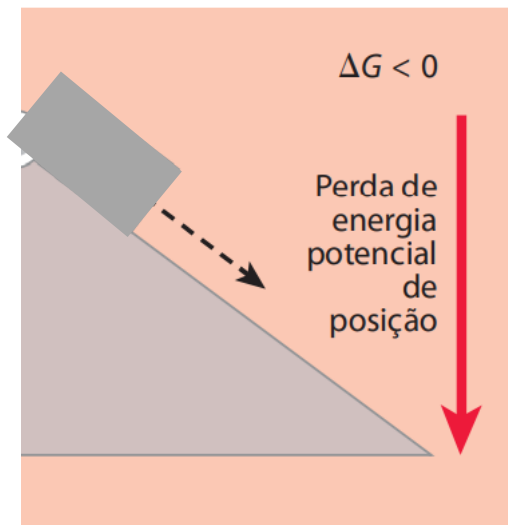
$\Delta G$ , variação de energia livre

$\Delta H$ , variação de energia total ou entalpia

T, Temperatura

$\Delta S$ , variação na entropia

# Energia Livre de Gibbs em reações espontâneas

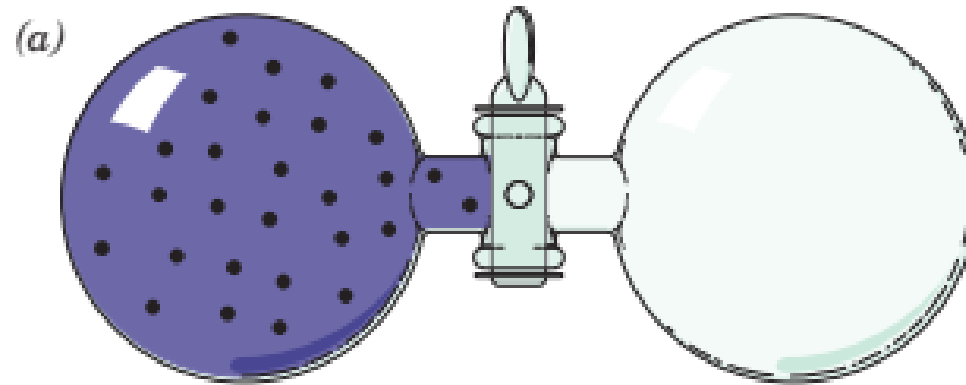


Energia total=  $\Delta H$

$$\downarrow \Delta G = \downarrow \Delta H - T\Delta S$$

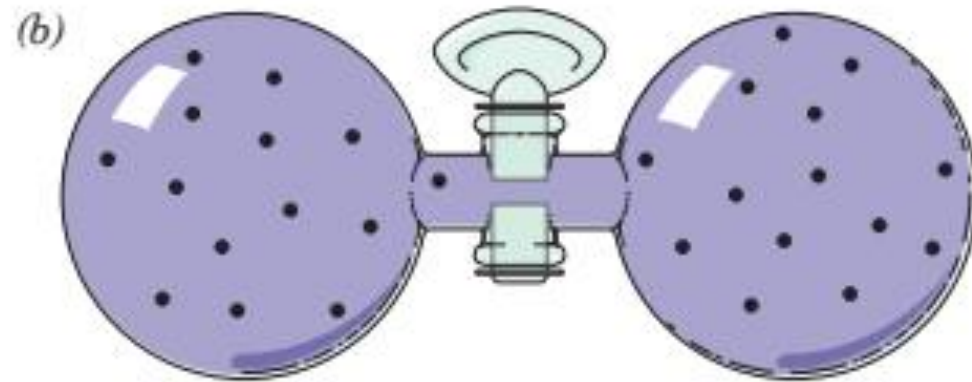
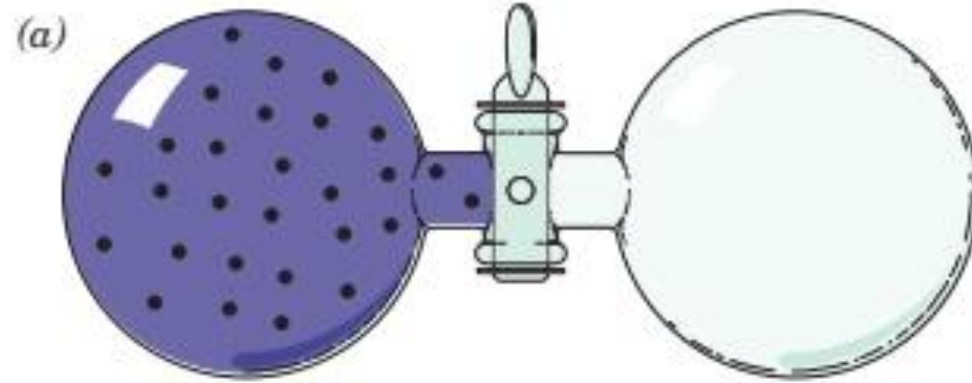
# Energia Livre de Gibbs em reações espontâneas

Entropia=  $\Delta S$



$$\downarrow \Delta G = \downarrow \Delta H - T\Delta S$$

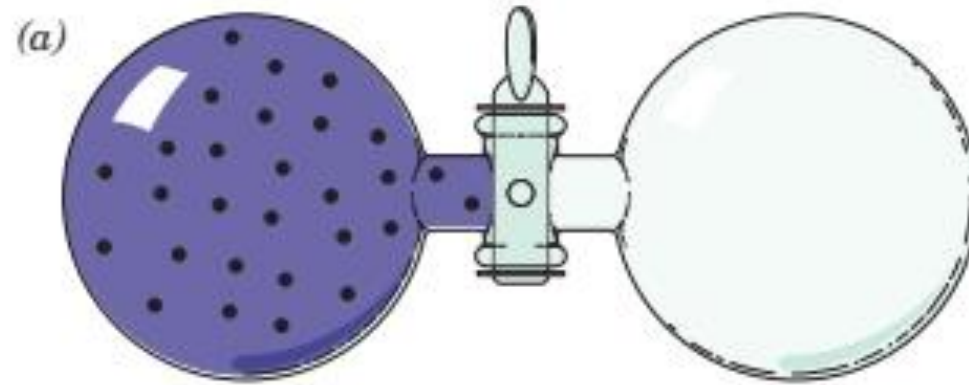
# Energia Livre de Gibbs em reações espontâneas



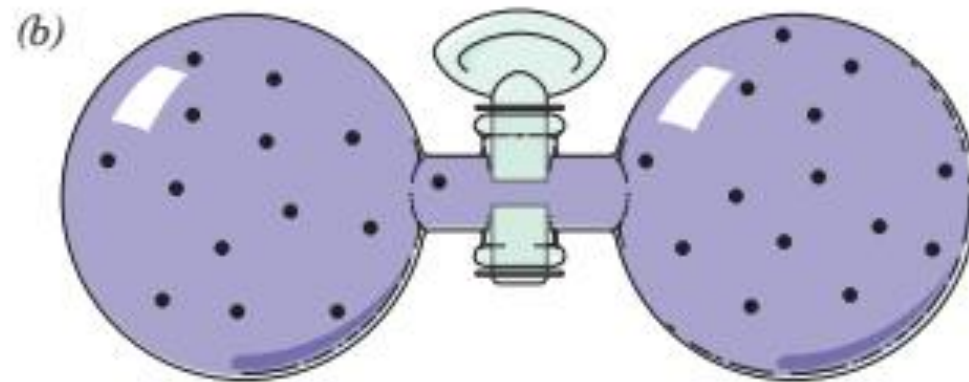
Entropia =  $\Delta S$

$$\Downarrow \Delta G = \Downarrow \Delta H - T \Delta S \Uparrow$$

# Energia Livre de Gibbs em reações espontâneas



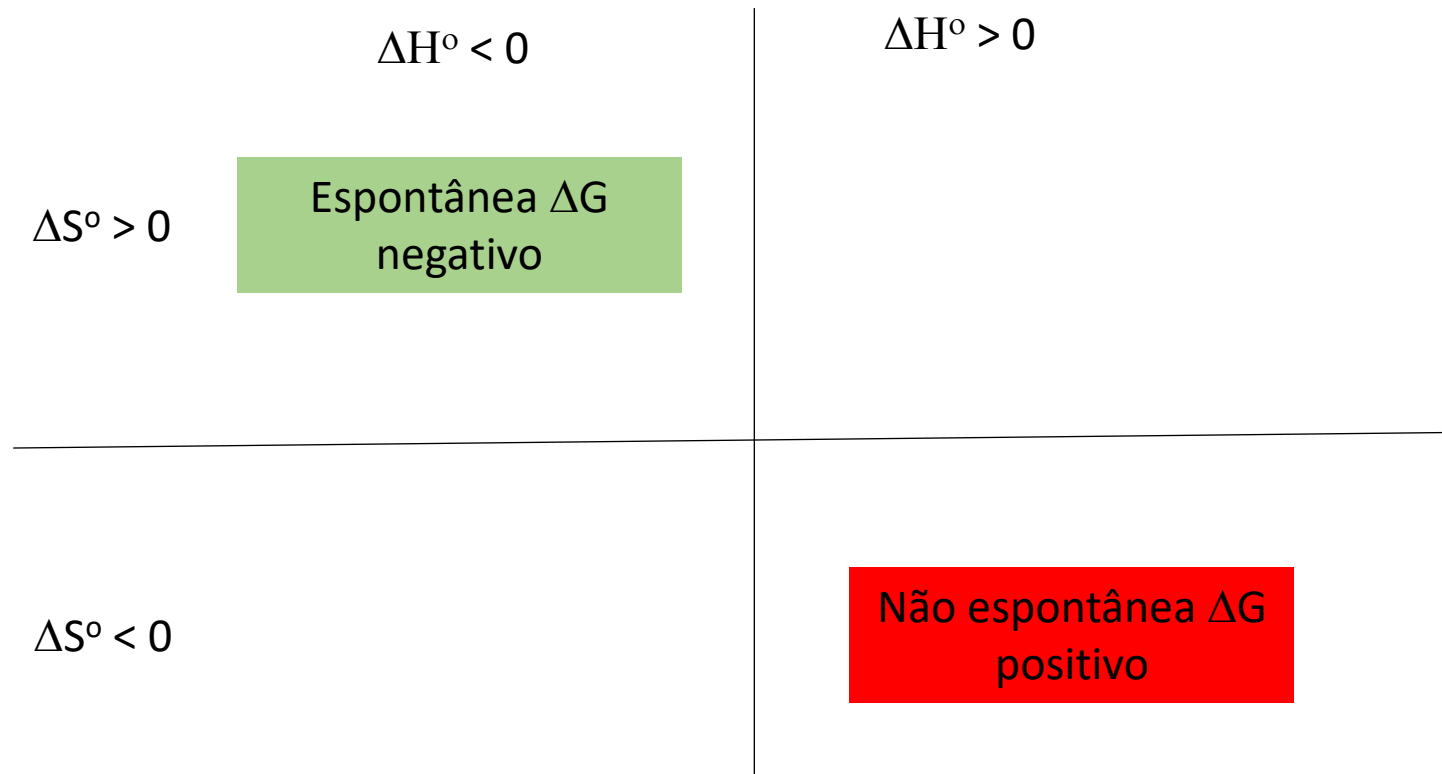
Temperatura = T



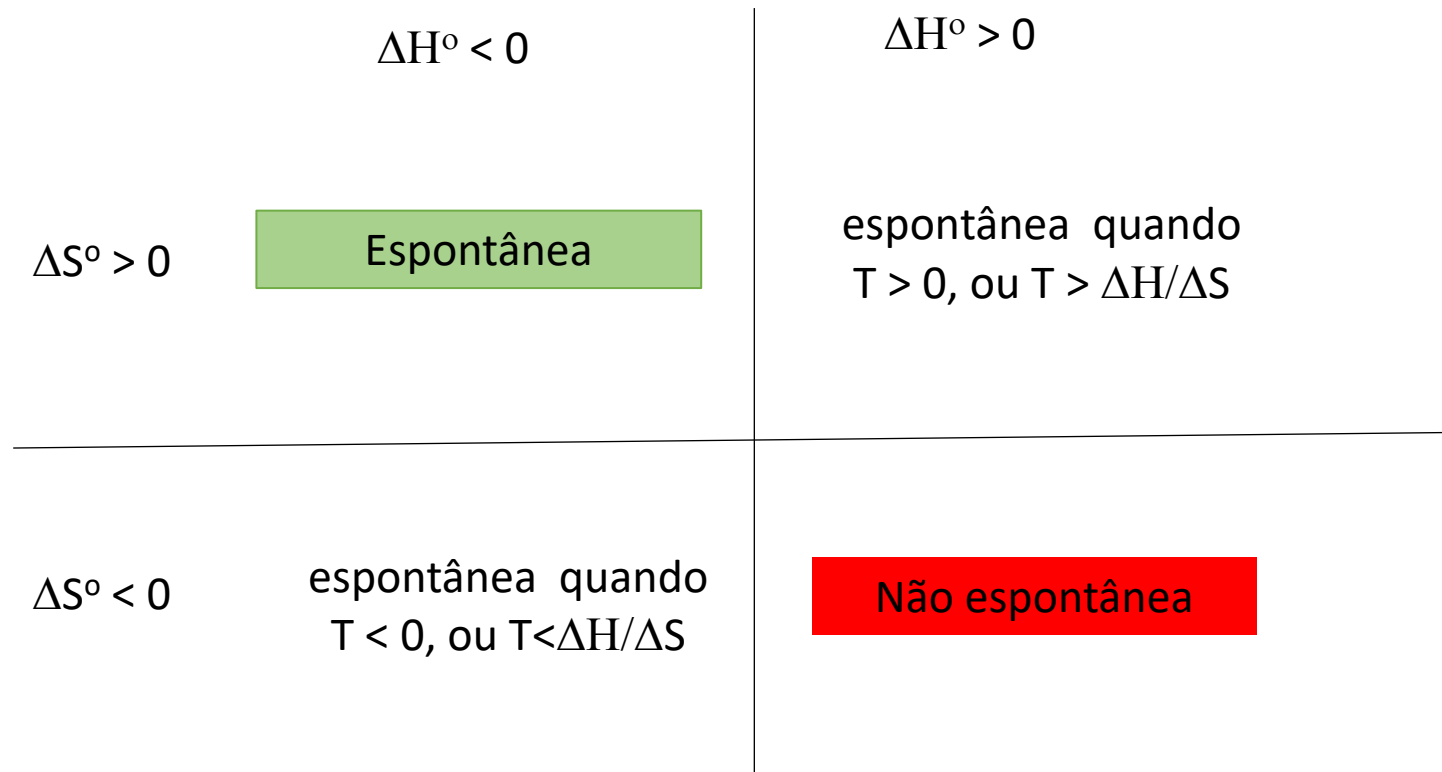
$$\begin{matrix} \downarrow \downarrow \downarrow \\ \Delta G = \downarrow \Delta H - \uparrow T \Delta S \uparrow \end{matrix}$$

Entropia varia com a concentração, o  $\Delta G$  também

# Energia Livre de Gibbs



# Energia Livre de Gibbs



Importância da Temperatura

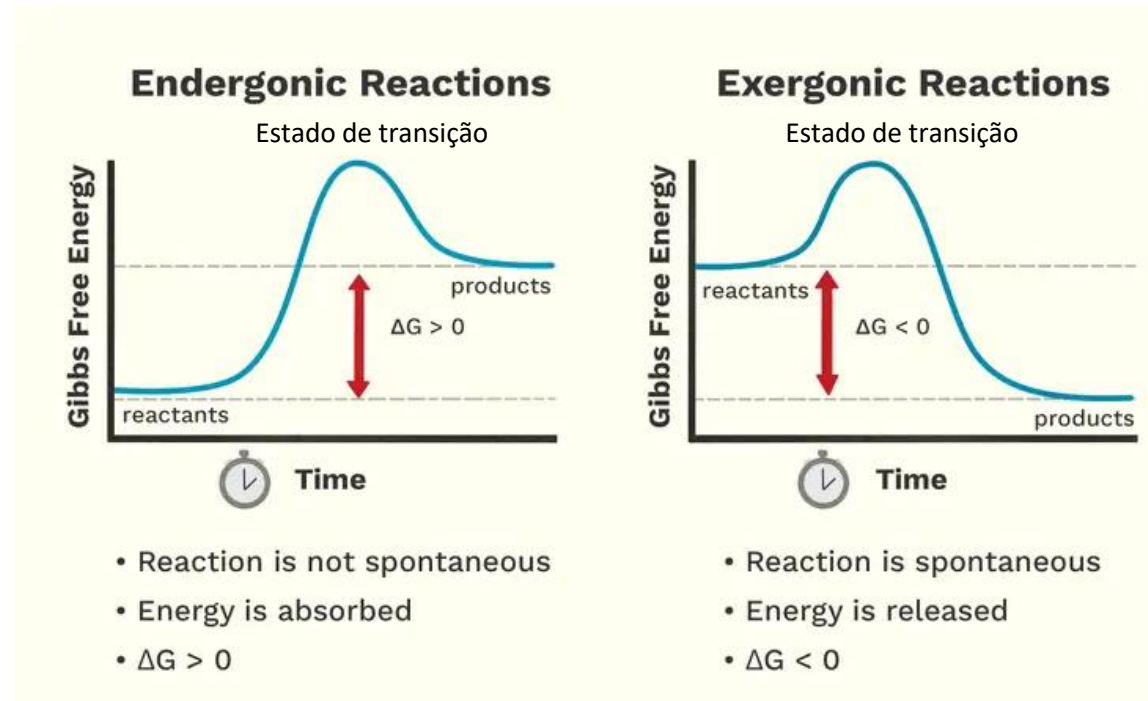
## Energia Livre e Espontaneidade

Se  $\Delta G < 0$  Espontâneo - Liberação de energia para o meio

Se  $\Delta G > 0$  Não espontâneo -Necessita de energia do meio

Se  $\Delta G = 0$  - Equilíbrio

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$





$\Delta H$	$\Delta S$	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
-	+	A reação é tanto entalpicamente favorecida (exotérmica) quanto entropicamente favorecida. Ela é espontânea (exergônica) em todas as temperaturas.
-	-	A reação é entalpicamente favorecida, mas entropicamente oposta. Ela é espontânea apenas em temperaturas <i>abaixo</i> $T = \Delta H/\Delta S$ .
+	+	A reação é entalpicamente oposta (endotérmica), mas entropicamente favorecida. É espontânea apenas em temperaturas <i>acima</i> de $T = \Delta H/\Delta S$ .
+	-	A reação é tanto entalpicamente quanto entropicamente oposta. Ela é não espontânea (endergônica) em todas as temperaturas.

$\Delta H$	$\Delta S$	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
-	+	A reação é tanto entalpicamente favorecida (exotérmica) quanto entropicamente favorecida. Ela é espontânea (exergônica) em todas as temperaturas.
-	-	A reação é entalpicamente favorecida, mas entropicamente oposta. Ela é espontânea apenas em temperaturas <i>abaixo</i> $T = \Delta H/\Delta S$ .
+	+	A reação é entalpicamente oposta (endotérmica), mas entropicamente favorecida. É espontânea apenas em temperaturas <i>acima</i> de $T = \Delta H/\Delta S$ .
+	-	A reação é tanto entalpicamente quanto entropicamente oposta. Ela é não espontânea (endergônica) em todas as temperaturas.